

УДК 543.435; 543.436

О.А Осипенко, студент гр. ПН-91зм, Д.С. Сопружинський, студент гр. ПН-91мп, Д.А. Коваленко, студент гр. ПН-91мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОНТРОЛЬ МУТНОСТІ ВОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. Розглянуто оптичні методики контролю наявності органічних та неорганічних мілкодисперсних речовин у воді технологічного призначення. Засоби і технології мутнометрії неоднорідних середовищ визначають спосіб прояву неоднорідності дисперсної фази при дії світла. При цьому, будь-який різновид мутномірів враховує спектрально-енергетичну специфіку взаємодії видимого і прилеглого до нього областей спектру випромінювання із фізично різномірними частками, зваженими у водному середовищі. Дані засоби відрізняються робочим діапазоном довжин хвиль та конструктивним особливостями детекторів, що характеризує шлях випромінювання в досліджуваній водній фазі.

Ключові слова: мутність води, нефелометрія, турбідиметрія, детектори, кількісний аналіз.

ВСТУП

Контроль якості води, як рідкої агрегатної системи, являє собою першочергове завдання як у побуті так і у безлічі технологічних процесів. Особливо важливим є контроль бактеріологічного забруднення води та контроль наявності органічних та неорганічних мілкодисперсних речовин у водній фазі.

Якісне визначення мутності води проводять описово: слаба опалесценція, слаба, помітна і сильна муть. Для забезпечення кількісного контролю мутності води технологічного призначення найчастіше застосовується нефелометрія та турбідиметрія, які відносяться до оптичних методів аналізу середовища. Дані методи досить широко застосовуються в аналітичній хімії.

Для визначення наявності зважених часток у водній фазі та їх розподілу по масі та об'єму застосовують гранулометричний аналіз – це вимірювання розподілів за розмірами частинок в дисперсних середовищах. У гранулометричному аналізі розсіяне випромінювання реєструється під різними кутами за допомогою багатоелементного фотоприймача, потім за виміряною залежністю інтенсивності розсіяного випромінювання від кута розсіювання здійснюється розрахунок розподілу часток за розмірами [1].

МЕТА РОБОТИ

Як правило, підприємства – споживачі технічної води, не пред'являють особливих вимог до її запаху, кольору, смаку і вмісту в ній бактерій. На відміну від питної, її якість регламентується залежно від того, де і як підприємство її використовує.

У випадку, якщо вода застосовується у технологічних процесах виробництва лікарських препаратів, засобів косметики та гігієни, а також продуктів харчування, якість одержуваного кінцевого продукту безпосередньо залежить від якості і складу застосовуваної в виробничому процесі води.

Якщо вода використовується безпосередньо у технологічному процесі то від параметрів використовуваної води залежить не тільки якість одержуваного продукту, але і термін роботи, надійність дорогого в більшості випадків обладнання. Таким чином воду використовують в електронній промисловості, лініях порошкового фарбування або гідроабразивного різання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для контролю води що застосовується в технологічних процесах харчової промисловості використовують воду мутність якої не повинна перевищувати $1,5 \text{ мг/дм}^3$ по каоліну. Мутність води визначають турбідиметрично (по ослабленню світла що проходить через пробу) та шляхом порівняння проб досліджуваної води із стандартними суспензіями.

Результати вимірювань виражають в мг/дм^3 (при використуванні основної стандартної суспензії каоліну) або в ОМ/дм^3 (одиниці мутності на дм^3 при використуванні основної стандартної суспензії формазину). В даному випадку $1,5 \text{ мг/дм}^3$ каоліну в пробі відповідає $2,6 \text{ ОМ/дм}^3$ формазину. Турбідиметричне визначення призначено для вод, що мають непостійний склад і форму тонкодисперсних домішок. Якщо пробу заздалегідь не профільтрувати, то турбідиметрично будуть визначені не тільки колоїдні, але і більш грубодисперсні частинки.

Узагальнена назва одиниць каламутності на основі формазину – FTU (або ОМФ – одиниці мутності по формазину), яка фактично відповідає концентрації формазинової суспензії, вираженої у міліграмах на літр [2].

У нефелометричному і турбідиметричному аналізі використовується явище розсіювання світла твердими частинками, що знаходяться в розчині в підвішеному стані.

Пробу освітлюють світловим потоком із інтенсивністю I_0 , а потім, так само як в молекулярній абсорбційній спектроскопії, вимірюють інтенсивність випромінювання що пройшло через пробу I_t або визначають інтенсивність випромінювання, розсіяного під певним кутом (наприклад, I_{90} при 90°). Із ростом числа частинок суспензії відношення I_t/I_0 зменшується, а відношення виду I_{90}/I_0 збільшуються.

Метод, в якому використовують інтенсивність світла I_t що проходить через зразок, називають турбідиметрією, а метод з вимірюванням під кутом 90° (або будь-яким іншим) – нефелометрією. При турбідиметричному аналізі, величина що називається мутністю, відповідає оптичній щільності і може бути визначена зі співвідношення, аналогічного основному закону поглинання світла [3]:

$$S = \lg\left(\frac{I_0}{I}\right) = k \cdot b \cdot N, \quad (1)$$

де S – мутність розчину в одиницях FTU;

k – коефіцієнт пропорційності, що називається коефіцієнтом мутності;

b – довжина шляху світла;

N – число частинок в одиниці об'єму що розсіюють світло.

Розрахункове співвідношення що використовується в нефелометрії наступне:

$$I = K_a c I_0, \quad (2)$$

де K_a – емпірична константа системи (α – кут, під яким проводять вимірювання);

c – концентрація дисперсних часток в зразку.

Для технічних середовищ із мілкодисперсними частками розподіл інтенсивності випромінювання є симетричним щодо осі оптичного пучка Φ_0 (рис 1, а). Розсіювання випромінювання технічними середовищами з параметрами частинок, порівнянними з довжиною хвилі λ , представляється витягнутим уздовж осі X індикатриса I (рис. 1,б). Зі збільшенням перерізів частинок по співвідношенню до довжини хвилі X інтенсивність розсіювання випромінювання в прямому напрямку зростає (рис. 1,в) [4].

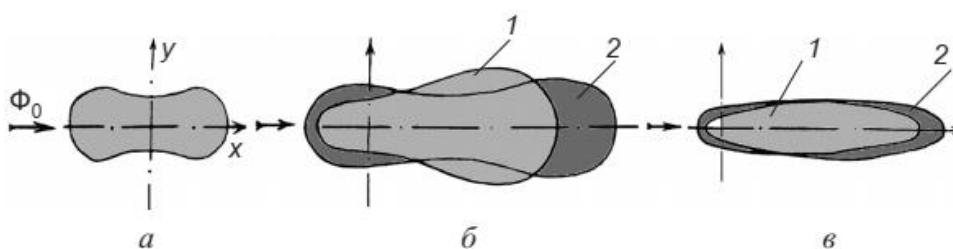


Рисунок 1. Індикатриса розсіювання випромінювання частинками при освітлені світлом різної довжини хвилі λ : а – розміри частинок менше λ ; б – розміри частинок спів розмірні із λ ; в – розмір часток перевищує λ ; Φ_0 – потік випромінювання.

При реєстрації розсіяного випромінювання можливі різні кути розташування детекторів по відношенню до падаючого випромінювання:

1) 180° – детектор розташований на одній осі із джерелом випромінювання, аналізується прохідне світло (турбідиметрія). Детектор застосовується для аналізу незабарвлених розчинів (або забарвлених при використанні ІЧ-джерела) у діапазоні приблизно від 5 до 1000 FTU;

2) 90° – детектор розташований під кутом 90° до джерела випромінювання, аналізується світло, розсіяне під прямим кутом (нефелометрія). Детектор забезпечує найкращий відгук при аналізі низьких і наднизьких значень каламутності;

3) $90^\circ + \alpha^\circ$ – крім нефелометричного детектору, розташованого під кутом 90° використовуються один або кілька детекторів, розташованих під іншими кутами (зазвичай 180° , 45° , 135°), що забезпечує більший вимірювальний діапазон і частково компенсує вплив кольоровості. Сигнали детекторів обробляються за спеціальним алгоритмом (у кожного виробника він власний) і підсумковий результат надається у одиницях FTU.

Важливо відзначити, що застосований мутномір може мати у своєму складі декілька детекторів, але залежно від режиму і діапазону вимірювання може використовуватися тільки один або декілька, що дозволяє одержувати результати в різних одиницях.

ВИСНОВОК

Провівши огляд методів та засобів вимірювання мутності води технологічного призначення можна стверджувати, що на даний момент існує 2 основних оптичних методики контролю дисперсних часток у воді. Методика турбідиметрії використовує фотометричний принцип і визначає поглинання світла в шарі аналізованої речовини за умови, що джерело випромінювання і детектор розташовано на одній осі. В нефелометрах для визначення мутності використовується принцип світлорозсіювання, що визначається під кутом 90° до джерела освітлення.

Інформаційно-перетворювальне призначення мутнометрії забезпечується технологіями та засобами порівняльної оцінки помутніння технічного середовища. Мутність води що застосовується у технологічних процесах викликана присутністю тонкодисперсних домішок, обумовлених нерозчинними або колоїдними неорганічними і органічними речовинами різного походження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Измерения в промышленности. В 3 кн. / под ред. Профосап; пер. с нем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. – Кн. 2: Способы измерения и аппаратура. – 384 с.
- [2] Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа: Учеб. для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 559 с
- [3] Фетисов, В. С. Средства измерения мутности жидких сред: теоретические и практические аспекты /В. С. Фетисов // Измерение, контроль, автоматизация. – 2003. – № 12. – С. 49-56.
- [4] Марков, А. П. Анализ оптико-электронных приборов технологического контроля жидких сред / А. П. Марков // Вестн. МГТУ, 2006. – № 2. – С. 120-127.

Наук. керівник – д.т.н., проф, Шульга О.В.